

**PCT** WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



<b>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>5</sup>:</b> G02B 3/08, G03F 7/20	<b>A1</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:</b> WO 94/25881  <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 10. November 1994 (10.11.94)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/EP94/01307 <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 26. April 1994 (26.04.94)  <b>(30) Prioritätsdaten:</b> P 43 14 574.4      29. April 1993 (29.04.93)      DE  <b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> JENOPTIK TECHNOLOGIE GMBH [DE/DE]; Prüssingstrasse 41, D-07745 Jena (DE).  <b>(72) Erfinder; und</b> <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> KLEY, Ernst-Bernhard [DE/DE]; Heimstättenstrasse 22, D-07749 Jena (DE).  <b>(74) Anwälte:</b> GEYER, Werner usw.; Geyer, Fehners & Partner, Perhamerstrasse 31, D-80687 München (DE).	<b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> JP, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	

**(54) Title:** LITHOGRAPHICALLY PRODUCED STEPPED LENS WITH A FRESNEL SURFACE STRUCTURE AND PROCESS FOR PRODUCING IT

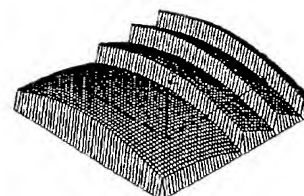
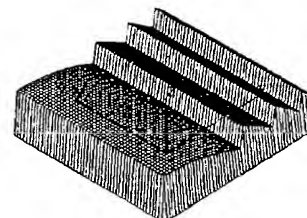
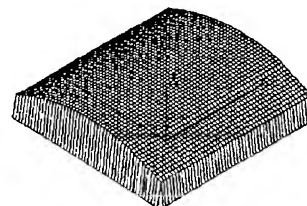
**(54) Bezeichnung:** LITHOGRAFISCH HERGESTELLTE STUFENLINSE FRESNELSCHER OBERFLÄCHENSTRUKTUR UND VERFAHREN ZU IHRER HERSTELLUNG

**(57) Abstract**

In a lithographically produced stepped lens with a Fresnel surface structure and a process for its production the high potential illumination speed of fast electron beam irradiation installations operating with a variable rectangular radiation cross section is to be converted into great efficacy for the production of Fresnel-type stepped lenses and thus reduce the quantity of data required. According to the invention, radiation dose distributions corresponding to cylindrical lenses, are applied in superimposed fashion so that at least one of the radiation dose distributions corresponds to one Fresnel cylindrical lens. The invention permits the effective lithographic production of novel lens structures with any lens curvature from radially spherical to elliptical.

**(57) Zusammenfassung**

Bei einer lithografisch hergestellten Stufenlinse fresnelscher Oberflächenstruktur und einem Verfahren zu ihrer Herstellung besteht die Aufgabe, die hohe potentielle Belichtungsgeschwindigkeit schneller Elektronenstrahlbelichtungsanlagen, die mit variablem rechteckigem Strahlungsquerschnitt arbeiten, in eine hohe Effektivität zur Herstellung von Stufenlinsen fresnelscher Art umzusetzen und dabei die benötigten Datenmengen zu reduzieren. Gemäß der Erfindung werden Strahlungsdosisverteilungen, die Zylinderlinsen entsprechen, übereinanderbelichtet, wobei mindestens eine der Strahlungsdosisverteilungen der einer Fresnel-Zylinderlinse entspricht. Mit der Erfindung ist eine effektive lithografische Herstellung neuartiger Linsenstrukturen mit beliebiger Linsenkrümmung von radial sphärisch bis elliptisch realisierbar.



### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

## Beschreibung

Lithografisch hergestellte Stufenlinse fresnelscher Oberflächenstruktur und Verfahren zu ihrer Herstellung

5

Die Erfindung betrifft eine lithografisch hergestellte Stufenlinse fresnelscher Oberflächenstruktur mit radialsymmetrisch oder elliptisch optischer Wirkung durch Überlagerung von Strahlungs dosisverteilungen von Zylinderlinsen mit zueinander um einen Winkel versetzten Zylinderachsen.

10

Gegenstand der Erfindung ist außerdem ein Verfahren zur Herstellung von Stufenlinsen, bei dem eine Strukturierung einer Resistschicht durch Übereinanderbelichten zweier Strahlungs dosisverteilungen von Zylinderlinsen mit um einen Winkel versetzten Zylinderachsen und durch einen anschließenden Entwicklungsvorgang, bei dem ein Voranschreiten einer Entwicklungsfront in der Tiefe der Schicht gestoppt wird, erfolgt.

15

Linsenstrukturen müssen lateral und im Profil eine hohe Genauigkeit besitzen. Lithografische Verfahren zur Herstellung von Linsen mit eingeschränkten Abmessungen sind seit langem bekannt. Die mit Licht, Elektronen-, Röntgen- oder mit Ionenstrahlen arbeitenden lithografischen Verfahren sind prinzipiell zur Herstellung solcher Profile geeignet. In vielen Fällen tritt bei schreibenden Verfahren jedoch das Problem langer Bearbeitungszeiten auf. Ursache dafür ist die notwendige Zerlegung der gekrümmten Strukturgeometrien in eine hohe Anzahl elementarer Strukturdetails, die zur Repräsentation der Profiloberfläche abzuarbeiten sind.

20

Dieser Umstand läßt sich an Hand der elektronenlithografischen Herstellung eines refraktiven Mikrolinsenarrays verdeutlichen. Das diesem Beispiel zugrunde liegende Verfahren ist unter der Bezeichnung "variable dose writing" bekannt und nutzt die Tatsache, daß die Lösungsgeschwindigkeit eines elektronenempfindlichen Resists im Entwicklerbad mittels der in den Resist eingebrachten Elektronendosis vorbestimmt werden kann. Dadurch ist es möglich, die laterale Elektronendosisverteilung so zu gestalten, daß man mit dem Abbruch der Entwicklung nach einer bestimmten Zeit das gewünschte Oberflächenprofil erhält. Figur 1 verdeutlicht diese Verfahrensweise schematisch.

25

30

Im Fall radialsymmetrischer Linsenkrümmung der Einzellinse und einer endlichen Höhenstufung im Profil ergeben sich ringförmige abzuarbeitenden Bereiche gleicher

35

Elektronendosis. Wird die Linse zur effizienten Anordnung im Array quadratisch begrenzt, sind die äußeren Ringe gleicher Elektronendosis nicht geschlossen. Der anfallende Datenaufwand ist groß und bewirkt eine relativ langsame Abarbeitung jeder einzelnen Linse.

- 5 Sehr schnelle Elektronenstrahlbelichtungsanlagen arbeiten mit einem variablen Formstrahl rechteckigen Querschnittes. Ihre potentielle Belichtungsgeschwindigkeit ist aber nur dann nutzbar, wenn die parallel zu den Koordinatenachsen rechteckige Elektronensonde möglichst großflächig nutzbar ist. Gerade das ist im vorliegenden Beispiel nicht möglich, denn es müssen zur Approximation des Kreisringes sehr viele
- 10 kleine Rechtecke abgearbeitet werden. Figur 2 zeigt schematisch die Zerlegung eines Kreisringes in Rechtecke. Auch bei Verwendung einer schnellen Elektronenstrahlbelichtungsanlage resultieren daraus unbefriedigend lange Bearbeitungszeiten.

- 15 Nach der Offenlegungsschrift DE 17 72 567 ist es bekannt, unterschiedliche optische Weglängen durch geeignete, periodisch unterschiedliche Belichtung und nachfolgende Entwicklung und Rehalogenierung und/oder gerbende Entwicklung einer fotografischen Schicht zu erzeugen.

- Raster von sphärischen Linsen entstehen, wenn in quadratischer Anordnung zwei
- 20 Systeme von aufeinander senkrecht stehenden Linien aufbelichtet werden. Von Nachteil ist es, daß mit dieser Lösung lediglich Linsenraster mit in sich im wesentlichen gleichgestalteten Linsen geringerer optischer Qualität herstellbar sind."

- Aufgabe der Erfindung ist es, die hohe potentielle Belichtungsgeschwindigkeit schneller
- 25 Elektronenstrahlbelichtungsanlagen, die mit variablem rechteckigen Strahlungsquerschnitt arbeiten, in eine hohe Effektivität zur Herstellung von Stufenlinsen fresnelscher Art umzusetzen und dabei die benötigten Datenmengen zu reduzieren.

- 30 Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch eine Lithografisch hergestellte Stufenlinse fresnelscher Oberflächenstruktur mit radialsymmetrisch oder elliptisch optischer Wirkung durch Überlagerung von Strahlungsdosisverteilungen von Zylinderlinsen mit zueinander um einen Winkel versetzten Zylinderachsen, dadurch gelöst, daß zur Erzeugung der Oberflächenstruktur mindestens eine Strahlungsdosisverteilung einer
- 35 Fresnel-Zylinderlinse entspricht.

Bei einer speziellen lithografisch hergestellten Stufenlinse ist die Oberflächenstruktur durch die Überlagerung der Strahlungsdosisverteilungen von zwei Fresnel-Zylinderlinsen mit rechtwinklig zueinander gerichteten Zylinderachsen erzeugt und weist Stufen in Form von benachbarten Stufenelementen auf, die in ein durch ihre  
5 rechtwinklig zueinander gerichteten Flanken gebildetes, mit zunehmendem Abstand vom Zentrum der Linse enger werdendes Gitternetz eingebettet sind, wobei die Flanken an ihren Schnittpunkten und an Punkten des Lotes vom Zentrum auf die Flanken gemeinsam mit dem Zentrum Orte gleicher Höhen bilden. Für jedes Stufenelement liegen von den Orten gleicher Höhen ausgehende Höhenreduzierungen  
10 vor, die innerhalb jeder Richtung senkrecht zu den Flanken und zum Rand der Linse weisend von Flanke zu Flanke gleichgroß sind und in Richtung der entferntesten, zum Rand der Linse gelegenen Schnittpunkte der Summe der von Flanke zu Flanke auftretenden Höhenreduzierungen eines Stufenelementes entsprechen.

15 Vorteilhafterweise besitzen die Höhenreduzierungen innerhalb der Richtungen senkrecht zu den Flanken ein Maß, mit dem ein Phasensprung vom ganzzahligen Vielfachen einer Wellenlänge realisiert wird.

Gegenstand der Erfindung ist außerdem ein Verfahren zur Herstellung von Stufenlinsen vom fresnelschen Typ, bei dem eine Strukturierung einer Resistschicht durch  
20 Übereinanderbelichten zweier Strahlungsdosisverteilungen von Zylinderlinsen mit um einen Winkel versetzten Zylinderachsen und durch einen anschließenden Entwicklungsvorgang, bei dem ein Voranschreiten einer Entwicklungsfront in der Tiefe der Schicht gestoppt wird, erfolgt. Mindestens eine von den übereinanderbelichteten  
25 Strahlungsdosisverteilungen entspricht einer Fresnel-Zylinderlinse.

Es ist von Vorteil, wenn die eine Strahlungsdosisverteilung einem fresnelschen Linsenprofil und die andere einem klassischen Linsenprofil entspricht.

30 Vorteilhaft ist es auch, wenn beide Strahlungsdosisverteilungen einem fresnelschen Linsenprofil entsprechen.

Außerdem ist es von Vorteil, wenn beide Strahlungsdosisverteilungen einem klassischen Linsenprofil entsprechen.

Es ist sowohl möglich, die erforderlichen Belichtungen zuerst nacheinander durchzuführen und anschließend zeitlich begrenzt zu entwickeln als auch Belichtung und Entwicklung abwechselnd auszuführen.

- 5 Durch die Erfindung ist es möglich, auf sehr effiziente Weise 3-dimensional gekrümmte Oberflächen in Form von Belichtungsdaten für lithografische Patterngeneratoren zur Verfügung zu stellen.
- Die Daten für die jeweilige Einzelstruktur besitzen einen vergleichsweise geringen Umfang und sind auf geeigneten Anlagen (z.B. Belichtungsanlagen mit variablem
- 10 Formstrahl) erheblich schneller abarbeitbar, als die durch Zerlegung der Ringstruktur entstehenden umfangreichen Datenmengen.
- Durch die Erfindung, insbesondere durch Kombination, Variation der Zahl und der Anordnung der Zylinderlinsenprofile ist es außerdem möglich, mit einem begrenzten Vorrat an relativ einfach strukturierten Datensätzen für spezielle Dosisverteilungen eine
- 15 Vielzahl von Fresnellinsen mit bestimmten Eigenschaften herzustellen. Im Gegensatz war es bisher bei einer ringförmigen lithografischen Herstellung von Fresnellinsen bei jeder Änderung erforderlich war, den Datensatz vollständig zu überarbeiten.
- 20 Die gemäß der Erfindung hergestellten Fresnellinsen, die in ihrer Wirkung einer Fresnel-Linse mit herkömmlicher Ringstruktur entsprechen, besitzen zusätzlich verbesserte Eigenschaften bezüglich der chromatischen Abberation aufgrund ihrer Oberflächenstrukturierung, insbesondere der speziellen Stufenhöhenabfälle.
- 25 So ist es möglich, mehrere Dosisprofile unterschiedlicher optischer Funktionen übereinander zu belichten.
- Die nicht orthogonale Anordnung der Zylinderachsen liefert parallelogrammförmige Randbegrenzungen bzw. Flankenanordnungen der Linsenprofile.
- Ein runder Linsenrand entsteht bei refraktiven Linsenprofilen, wenn die Dicke der
- 30 Resistschicht so bestimmt ist, daß bei einer bestimmten Höhenlinie auf das Substrat durchentwickelt wird.
- Durch Mehrfachanordnung der einzelnen Strukturen nebeneinander werden Linsenarrays erzeugt.
- Das Erfindung ist sinngemäß auf eine binäre Strukturierung mit Maskentechnik und
- 35 Ätzschritten übertragbar.

Die erfindungsgemäß hergestellten Linsenprofile werden galvanisch abgeformt und zur Herstellung von Linsen auf bekannte Weise repliziert.

Die Erfindung soll nachstehend anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen:

- 5
- Fig. 1: die Erzeugung eines Oberflächenprofils mittels Elektronenstrahlbelichtung und anschließender Entwicklung
- Fig. 2: einen Ausschnitt aus einer herkömmliche Fresnel-Linse
- 10 Fig. 3: die Erzeugung eines Kreisringes durch eine Rechteckzerlegung
- Fig. 4a: eine Dosisverteilung für ein erstes, in x-Richtung eines karthesischen Koordinatensystems ausgebildetes Zylinder-Linsen-Profil
- Fig. 4b: ein Profil einer Zylinderlinse, erzeugt mit einer Dosisverteilung gemäß Fig. 4a
- 15 Fig. 5a: eine Dosisverteilung für ein zweites, in y-Richtung des karthesischen Koordinatensystems ausgebildetes Zylinder-Linsen-Profil
- Fig. 5b: ein Profil einer Zylinderlinse, erzeugt mit einer Dosisverteilung gemäß Fig. 5a
- Fig. 6a: Dosisverteilungen für eine radiale Linse von klassischen Typ mit quadratischer Grundfläche
- 20 Fig. 6b: ein Profils einer radialen Linse vom klassischen Typ, erzeugt durch Überlagerung der Dosisverteilungen gemäß Fig. 6a
- Fig. 7a, b: Profile von Zylinderlinsenarrays mit rechtwinklig zueinander gerichteten Zylinderachsen
- 25 Fig. 7c: ein Profil eines Linsenarrays durch Überlagerung von Dosisverteilungen entsprechend der Profile gemäß Fig. 7a, b
- Fig. 7d: eine Dosisverteilung
- Fig. 8a, b: Teile von Zylinderlinsenprofilen fresnelscher Oberflächenstruktur
- Fig. 8c: eine Ausschnitt aus einer erfindungsgemäßen Fresnellinse, die durch Überlagerung von Dosisverteilungen der Zylinderlinsenprofile gemäß Fig. 8a, b erzeugt sind
- 30
- Fig. 9a: eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße quadratisch begrenzte Fresnellinse
- Fig. 9b: eine Draufsicht auf den Ausschnitt gemäß Fig. 8c
- 35 Fig. 10: eine Darstellung des Höhenprofils einer erfindungsgemäßen Fresnellinse
- Fig. 11a: ein Profil einer Zylinderlinse

Fig. 11b: ein Profil einer Fresnel- Zylinder-Linse

Fig. 11c: ein Linsenprofil gemäß der Erfindung, das durch Überlagerung der Profile gemäß Fig. 11a, b entsteht

- 5     Figur 1 veranschaulicht das technologische Verfahren zur Erzeugung eines Oberflächenprofils in einer Resistschicht 1, die auf ein Substrat 2 aufgebracht ist. Durch eine Elektronenstrahlbelichtung 3 mit variabler Dosis in der x-Richtung wird die Löslichkeit der Resistschicht 1 so verändert, daß sich im Entwicklungsprozeß eine Entwicklungsfront 4 ausbildet. In Abhängigkeit von der Belichtung und der  
10   Entwicklungszeit liegt nach Abbruch der Entwicklung eine definierte Struktur in der Resistschicht 1 vor, gemäß Fig. 1 eine in x-Richtung ausgebildete Stufenstruktur.

- Sollen Fresnellinsen gemäß Fig. 2 nach diesem technologischen Verfahren hergestellt werden, ist ein datenaufwendiger Belichtungsablauf erforderlich. Fig. 3 verdeutlicht  
15   eine dazu notwendige Zerlegung eines Kreisringes 6 in Rechtecke 5, deren Größe und Form vom als Formstrahl ausgebildeten Elektronenstrahlenbündel bestimmt ist.

Jede Wirkfläche 7 der Fresnellinse wird in eine Vielzahl von Höhenschritte zerlegt, von denen jeder einem Kreisring 6 entspricht. Jedem Kreisring 6 wiederum wird eine spezielle Dosis zugeordnet.

- 20   Mit den Figuren 4 bis 6 wird verdeutlicht, wie unter Verwendung bestimmter Dosisverteilungen refraktive Mikrolinsenprofile erzeugt werden können.

Gekrümmte Oberflächen entsprechend den Figuren 4b und 5b entstehen bei Belichtung einer genügend großen Anzahl von Rechtecken 8 und Entwicklung.

- 25   Durch Überlagerung von Dosisverteilungen von Zylinderlinsen mit rechtwinklig zueinander gerichteten Zylinderachsen und quadratischer Grundfläche gemäß Fig. 6a entsteht eine radiale Linse klassischen Typs mit quadratischer Grundfläche gemäß Fig. 6b. Ihre Brennweite ist gleich der Brennweite der Zylinderlinsen.

- 30   Die Figuren 7 a-d geben Beispiele an für die Erzeugung eines Linsenarrays mit quadratischer Grundfläche der Einzellinse durch Überlagerung von Dosisverteilungen zweier Zylinder-Linsenarrays gemäß Fig. 7a, b mit rechtwinklig zueinander gerichteten Zylinderachsen.



Ein refraktives Linsenarray läßt sich mit folgenden Parametern herzustellen:

	Brennweite:	5 mm
	Brechungsindex	1,5
	Linsenmaterial:	PMMA
5	Linsengröße:	150 µm
	Linsenbegrenzung:	quadratisch
	Anzahl der Linsen:	660 * 660

Ein 5"-Maskenblanc (Glassubstrat, beschichtet mit ca. 80 nm Chrom) wird mit einem Elektronenresist (PMMA-Copolymer) beschichtet. Bei der anschließenden Elektronenstrahlbelichtung werden zwei Datensätze benötigt. Mit einem ersten Datensatz wird das Schreiben einer Dosisverteilung für 660 \* 660 Zylinderlinsenprofile mit Brechkraft in x-Richtung realisiert (Fig. 7 a). Fig. 7d zeigt für ein Linsenprofil die ideale Dosisverteilung in x-Richtung; in y-Richtung (150 µm) ist die Dosis konstant. Diese Dosisverteilung wird durch 90 Dosisstufen, die jeweils einer zu belichtenden rechteckigen Strukturfläche (Rechteck) entsprechen, approximiert. Ein zweiter Datensatz schreibt das gleiche Array um 90° gedreht in die Resistschicht (Fig. 7b). Nach einer zeitlich begrenzten Entwicklung ist das Oberflächenprofil voll ausgebildet (Fig. 7c).

Die minimale Anzahl rechteckiger Flächen (Rechtecke), die für eine Hälfte eines Zylinderlinsenprofils benötigt wird, ist gleich der Anzahl der Dosissschritte (hier 90). Für die insgesamt vier Hälften der beiden gekreuzten Zylinderlinsen ergeben sich also 360 Rechtecke. Aufgrund der Anordnung der Linsen im Array sind durch Zusammenlegen angrenzender Rechtecke weitere Optimierungen möglich. Die Bearbeitung der gleichen Linsenstruktur nach dem herkömmlichen radialen Zerlegungsverfahren entsprechend Fig. 2 führt auf mindestens 18.980 Rechtecke. Im Falle einer Abarbeitung der Daten auf einer Elektronenstrahlbelichtungsanlage ergibt der Vergleich zwischen beiden Varianten ein Zeitgewinn um einen Faktor ca. 30 bei der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die Figuren 8 bis 10 verdeutlichen die Erzeugung einer Fresnellinse gemäß der Erfindung durch Überlagerung von Dosisverteilungen, die Fresnel-Zylinder-Linsen mit rechtwinklig zueinander gerichteten Zylinderachsen entsprechen. Modifikationen sind selbstverständlich mit anderen Kombinationen von Dosisverteilungen entsprechend strukturierter Zylinderlinsen möglich, wobei die

Zylinderachsen einen von  $90^\circ$  abweichenden, praktisch sinnvollen Winkel einschließen können.

Mit der Erfindung sind Linsenprofile mit radialsymmetrischer oder elliptischer optischer Wirkung erzeugbar.

- 5    Gemäß den Figuren 8 und 9 besteht die Fresnellinse aus Stufen in Form von benachbarten Stufenelementen 9, die in ein durch ihre rechtwinklig zueinander gerichteten Flanken 10 gebildetes, mit zunehmendem Abstand vom Zentrum 11 der Linse enger werdendes Gitternetz eingebettet sind.

- 10    Die Flanken 10 bilden an ihren Schnittpunkten 12 und an Punkten des Lotes vom Zentrum 11 auf die Flanken 10 gemeinsam mit dem Zentrum 11 Orte gleicher Höhen, von denen richtungsabhängige Höhenreduzierungen  $h_1$ ,  $h_2$  und  $h_{ges}$  in jedem Stufenelement ausgehen. Der Übersicht halber sind von den Stufenelementen 9, den Flanken 10 und den Schnittpunkten 12 nur ein Teil bezeichnet ist,

- 15    Innerhalb jeder Richtung senkrecht zu den Flanken 10 und zum Rand der Linse weisend liegen gleichgroße Höhenreduzierungen von Flanke zu Flanke vor, in einer Richtung  $h_1$  und in einer dazu senkrechten  $h_2$ . Die Höhenreduzierungen  $h_1$  und  $h_2$  können gleich oder unterschiedlich groß zueinander sein.

In Richtung der entferntesten, zum Rand der Linse gelegenen Schnittpunkte 12 entsprechen die Höhenreduzierungen  $h_{ges}$  der Summe aus  $h_1$  und  $h_2$ .

- 20    Das in Figur 10 dargestellte Höhenprofil des Fresnel-Zylinderlinsen-Ausschnittes entsprechend Figur 8 c und 9 b verdeutlicht diesen Sachverhalt nochmals.

- 25    Legt man den Fresnel-Zylinderlinsen-Ausschnitt in ein kartesisches Koordinatensystem so liegt in x-Richtung die Höhenreduzierung  $h_1$  und in y-Richtung die Höhenreduzierung  $h_2$  vor, wobei im vorliegenden Beispiel  $h_1 = h_2$  ist. In Richtung der entferntesten, zum Rand der Linse gelegenen Schnittpunkte 12 sind die Höhenreduzierungen  $h_{ges}$ .

Die Höhenreduzierungen  $h_1$  und  $h_2$  besitzen ein Maß, mit dem ein Phasensprung vom ganzzahligen Vielfachen einer Wellenlänge realisiert wird.

- 30    Die Flanken 10 erheben sich vom tiefsten, einem Schnittpunkt 12 im wesentlichen entsprechenden Punkt nahezu senkrecht bis zur Resistoberfläche 13. Nach außen gerichtet schließen sich wiederum die Höhenreduzierungen  $h_1$ ,  $h_2$  und  $h_{ges}$  an.

- 35    Die Figuren 11 a-c verdeutlichen die Erzeugung einer Fresnellinse mit entlang der x-Achse in z-Richtung gekrümmten fresnelschen Zonen durch Überlagerung der Dosis, die einer Zylinderlinse und einer Dosis, die einer Fresnel-Zylinderlinse entspricht.

Natürlich ist die Erfindung nicht allein auf die Anwendung von Elektronenstrahlen beschränkt. Die Bestrahlungen können auch mit Licht, Röntgenstrahlen oder Ionen erfolgen.

## Patentansprüche

1. Lithografisch hergestellte Stufenlinse fresnelscher Oberflächenstruktur mit radialsymmetrisch oder elliptisch optischer Wirkung durch Überlagerung von Strahlungsdosisverteilungen von Zylinderlinsen mit zueinander um einen Winkel versetzten Zylinderachsen, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung der Oberflächenstruktur mindestens eine Strahlungsdosisverteilung einer Fresnel-Zylinderlinse entspricht.
2. Lithografisch hergestellte Stufenlinse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenstruktur durch die Überlagerung der Strahlungsdosisverteilungen von zwei Fresnel-Zylinderlinsen mit rechtwinklig zueinander gerichteten Zylinderachsen erzeugt ist und Stufen in Form von benachbarten Stufenelementen aufweist, die in ein durch ihre rechtwinklig zueinander gerichteten Flanken gebildetes, mit zunehmendem Abstand vom Zentrum der Linse enger werdendes Gitternetz eingebettet sind, wobei die Flanken an ihren Schnittpunkten und an Punkten des Lotes vom Zentrum auf die Flanken gemeinsam mit dem Zentrum Orte gleicher Höhen bilden, und daß für jedes Stufenelement von den Orten gleicher Höhen ausgehende Höhenreduzierungen vorliegen, die innerhalb jeder Richtung senkrecht zu den Flanken und zum Rand der Linse weisend von Flanke zu Flanke gleichgroß sind und in Richtung der entferntesten, zum Rand der Linse gelegenen Schnittpunkte der Summe der von Flanke zu Flanke auftretenden Höhenreduzierungen eines Stufenelementes entsprechen.
3. Lithografisch hergestellte Stufenlinse nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhenreduzierungen innerhalb der Richtungen senkrecht zu den Flanken ein Maß besitzen, mit dem ein Phasensprung vom ganzzahligen Vielfachen einer Wellenlänge realisiert wird.
4. Verfahren zur Herstellung von Stufenlinsen vom fresnelschen Typ, bei dem eine Strukturierung einer Resistschicht durch Übereinanderbelichten zweier Strahlungsdosisverteilungen von Zylinderlinsen mit um einen Winkel versetzten Zylinderachsen und durch einen anschließenden Entwicklungsvorgang, bei dem ein Voranschreiten einer Entwicklungsfront in der Tiefe der Schicht gestoppt wird, erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß

von den übereinanderbelichteten Strahlungsdosisverteilungen mindestens eine einer Fresnel-Zylinderlinse entspricht.

- 5      5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß  
die eine Strahlungsdosisverteilung einem fresnelschen Linsenprofil und die andere  
einem klassischen Linsenprofil entspricht.
6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß  
beide Strahlungsdosisverteilungen einem fresnelschen Linsenprofil entsprechen.
- 10      7. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß  
beide Strahlungsdosisverteilungen einem klassischen Linsenprofil entsprechen.

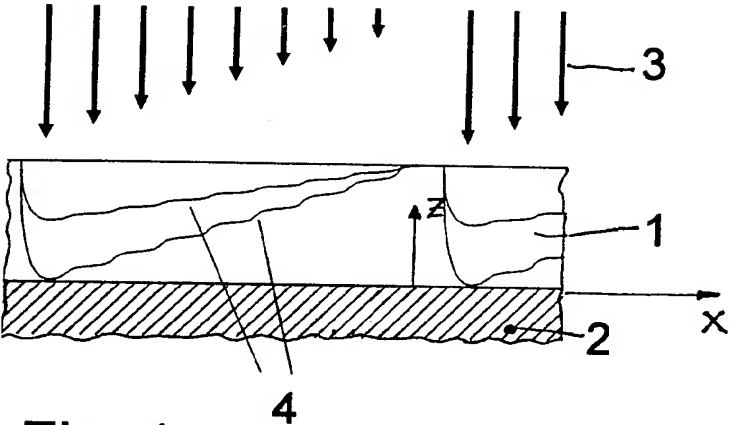


Fig. 1

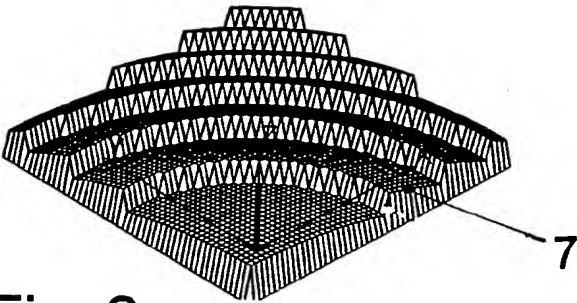


Fig. 2

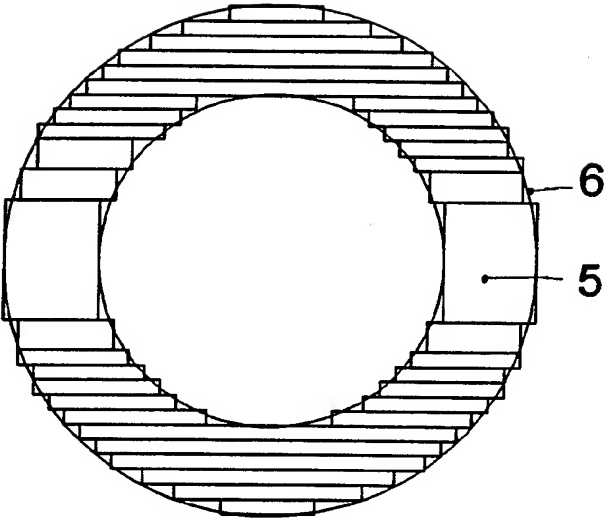


Fig. 3

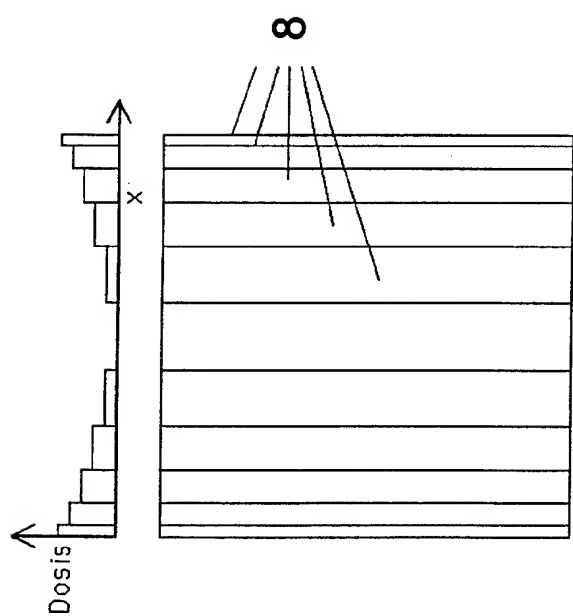


Fig. 4a

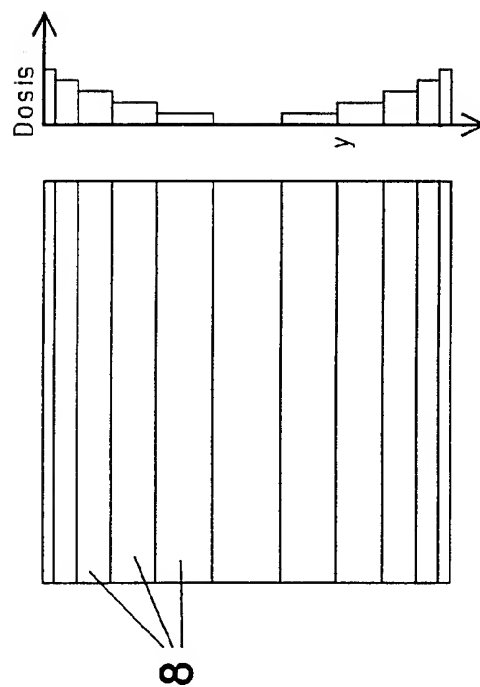


Fig. 5a

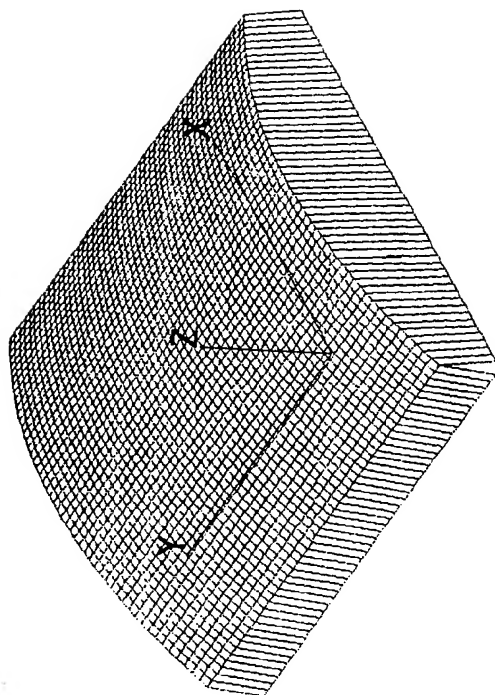


Fig. 4b<sup>2/8</sup>

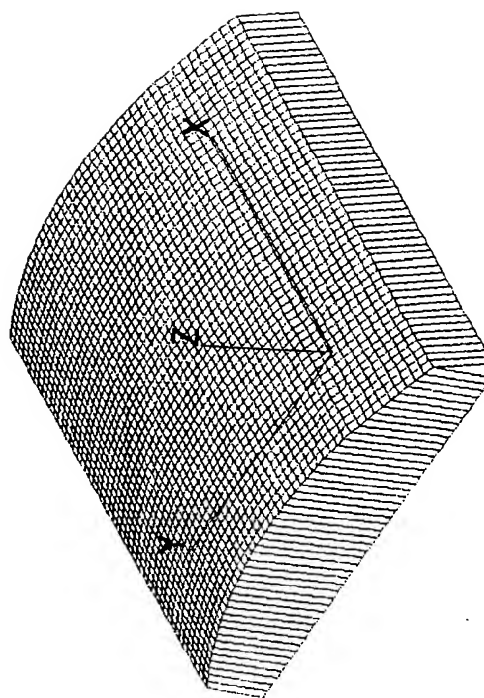


Fig. 5b

3/8

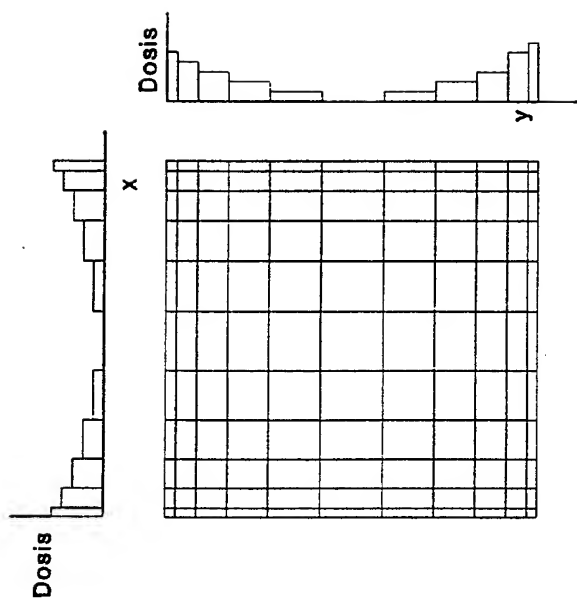


Fig. 6a

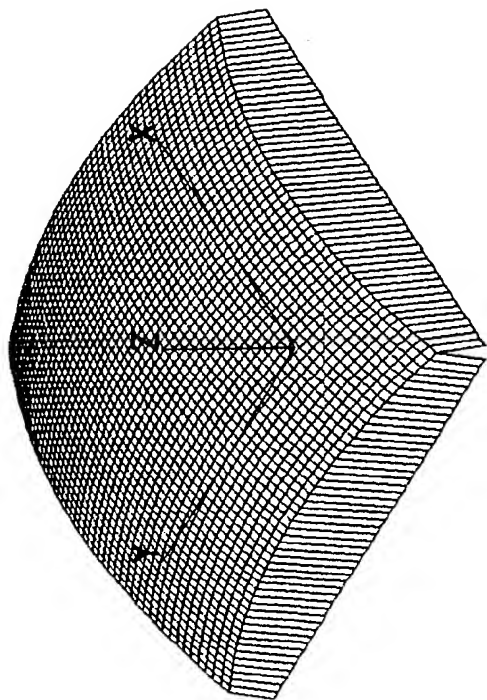


Fig. 6b

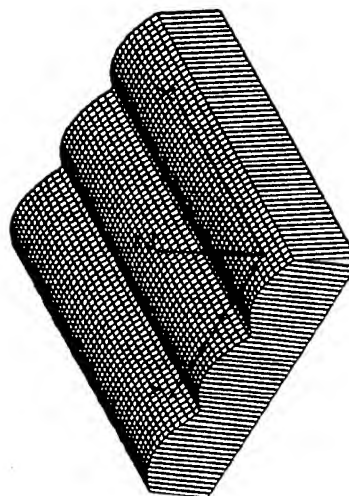


Fig. 7a

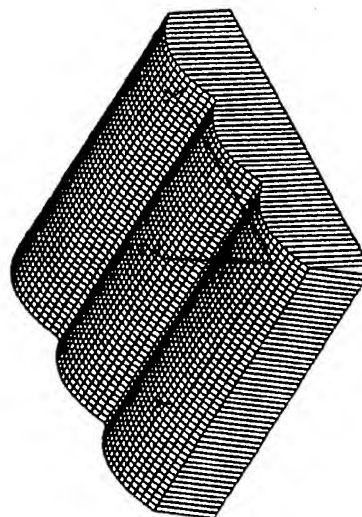


Fig. 7b

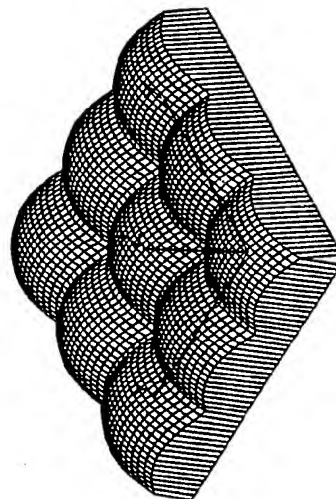


Fig. 7c



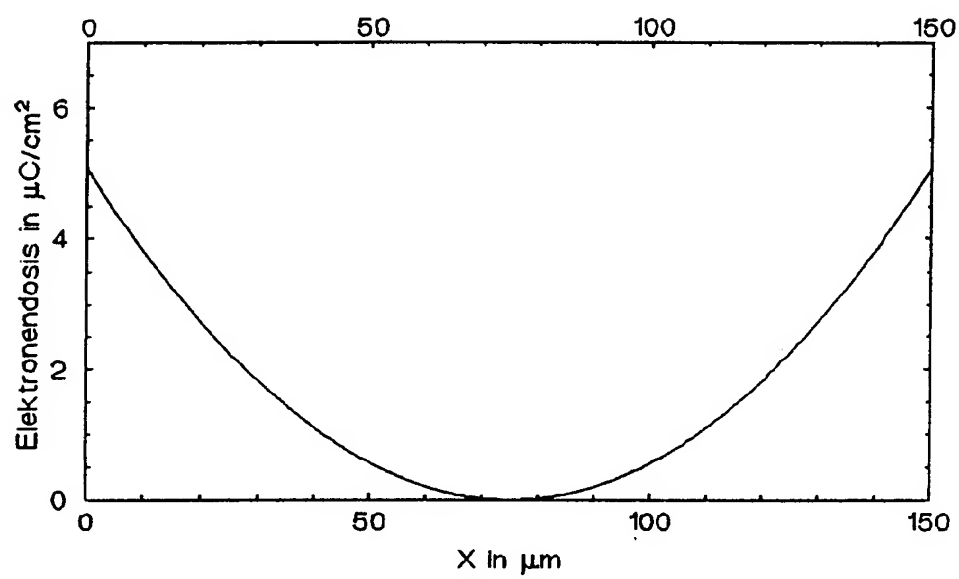
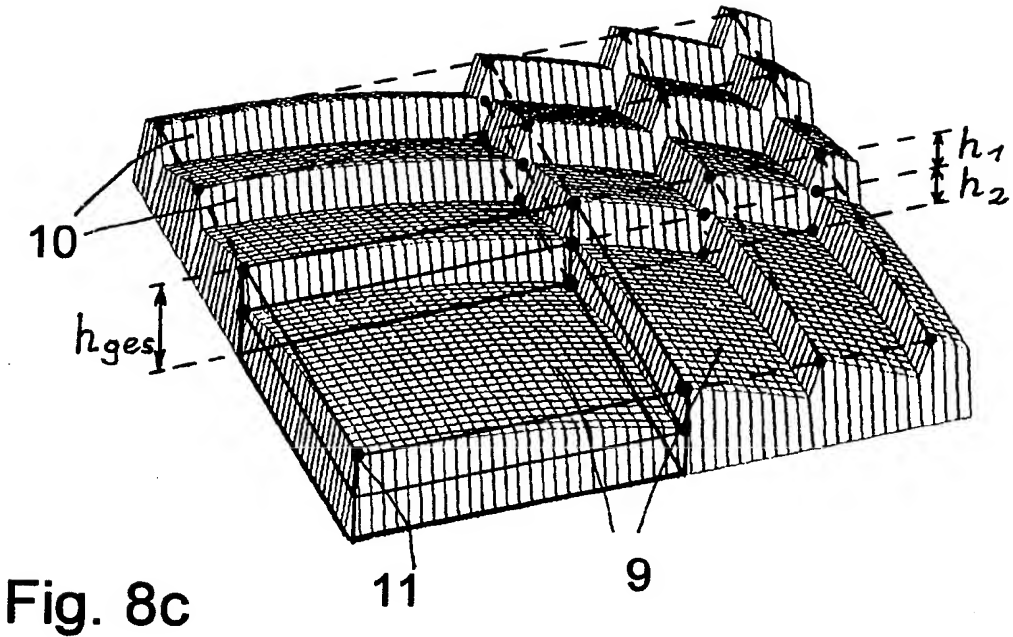
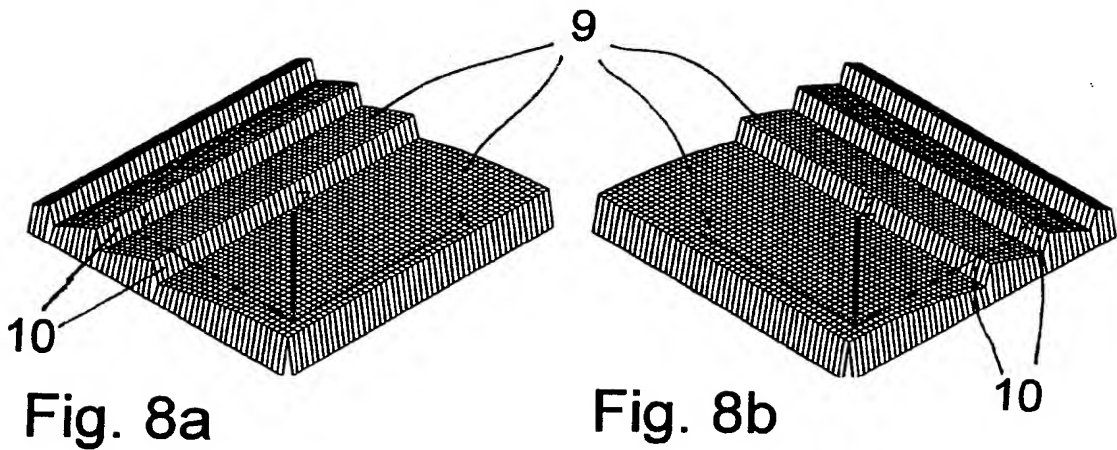


Fig. 7d



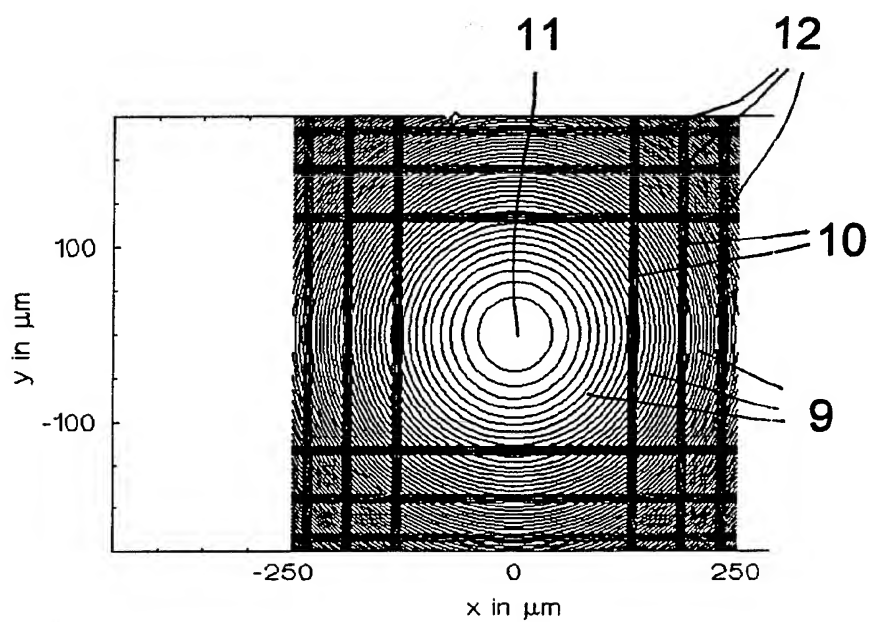


Fig. 9a

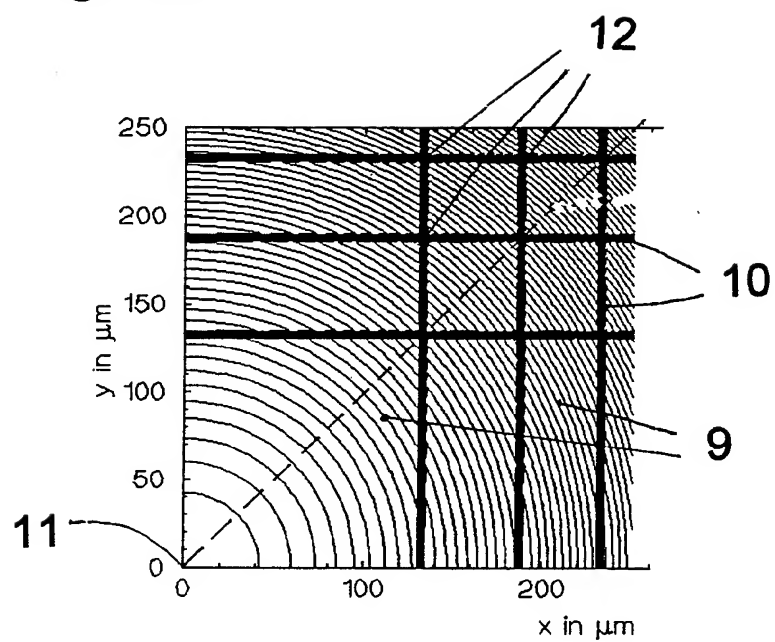


Fig. 9b

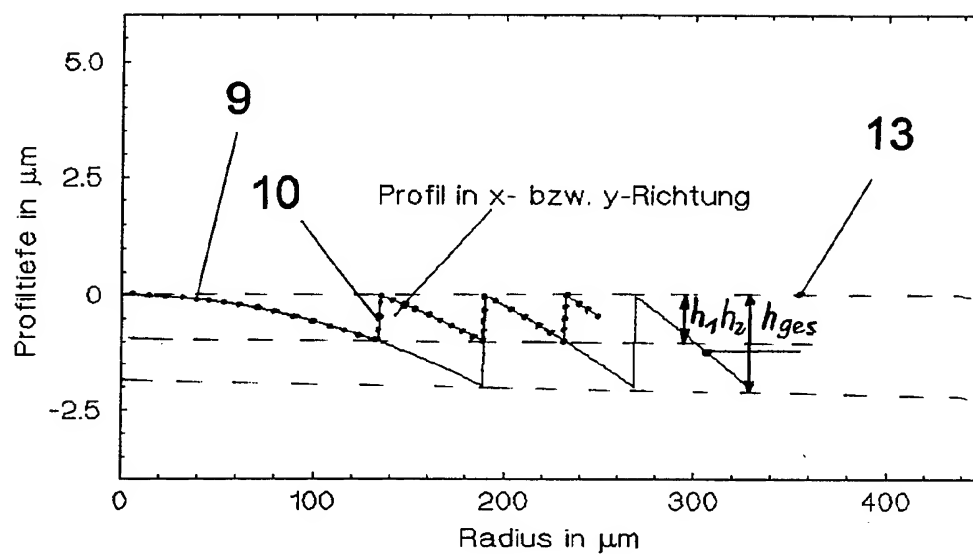


Fig. 10

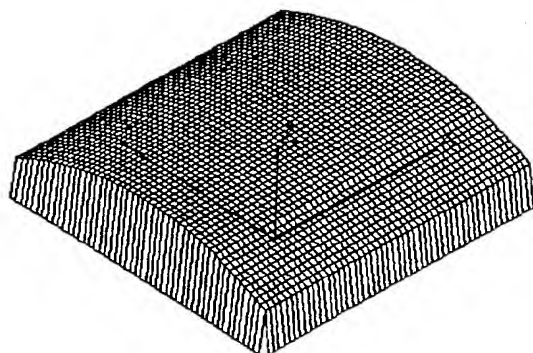


Fig. 11a

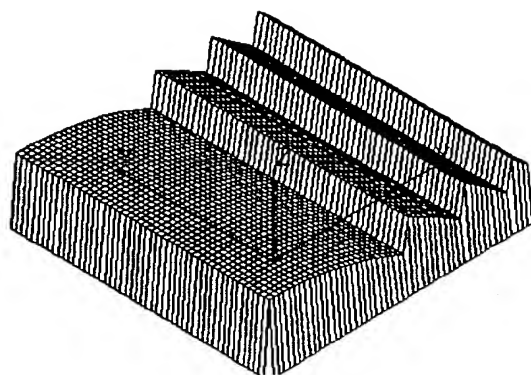


Fig. 11b

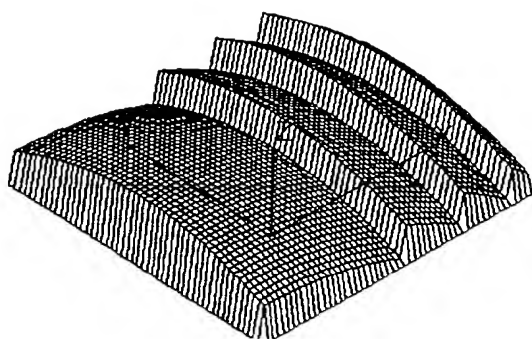


Fig. 11c

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/EP 94/01307A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 5 G02B3/08 G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 5 G02B G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US,A,3 893 856 (F.BESTENREINER ET AL.) 8 July 1975 cited in the application see column 3; figures 1-5 ---	1,4
A	APPLIED OPTICS, vol.26, no.3, 1 February 1987, NEW YORK US pages 587 - 591 T.SHIONO ET AL. 'RECTANGULAR-APERTURED MICRO-FRESNEL LENS ARRAYS FABRICATED BY ELECTRON-BEAM LITHOGRAPHY' see page 589; figures 3,4 -----	1,4

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 August 1994

Date of mailing of the international search report

26.08.94

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Malic, K

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.  
PCT/EP 94/01307

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-3893856	08-07-75	DE-A- 1772567	08-07-71
		BE-A- 734021	04-12-69
		CH-A- 522226	30-04-72
		FR-A- 2010108	13-02-70
		GB-A- 1276184	01-06-72
		US-A- 3775110	27-11-73
-----			

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 94/01307

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 5 G02B3/08 G03F7/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 5 G02B G03F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US,A,3 893 856 (F.BESTENREINER ET AL.) 8. Juli 1975 in der Anmeldung erwähnt siehe Spalte 3; Abbildungen 1-5 ---	1,4
A	APPLIED OPTICS, Bd.26, Nr.3, 1. Februar 1987, NEW YORK US Seiten 587 - 591 T.SHIONO ET AL. 'RECTANGULAR-APERTURED MICRO-FRESNEL LENS ARRAYS FABRICATED BY ELECTRON-BEAM LITHOGRAPHY' siehe Seite 589; Abbildungen 3,4 -----	1,4

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Field C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*&amp;\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

19. August 1994

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

26.08.94

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Malic, K



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 94/01307

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A-3893856	08-07-75	DE-A- 1772567	08-07-71
		BE-A- 734021	04-12-69
		CH-A- 522226	30-04-72
		FR-A- 2010108	13-02-70
		GB-A- 1276184	01-06-72
		US-A- 3775110	27-11-73
-----			